

Japanese patent P3478401

Application number: (Hei)10-542559

Date of filing: 4.3.1998

International application number: PCT/IL98/00164

International publication number: WO98/046044

Date of international publication of application: 10.15.1998

Applicant: K. S. Waves, Ltd.

Inventor: S. Meir and G. Daniel

A DEVICE AND A METHOD TO ENHANCE BASS

[Abstract]

The present invention relates to a general field of psychological acoustics, more specifically to enhancement of sound quality perceived by a listener. The focus of the present invention is placed on the field of enhancement of quality of bass sound that is produced by an electro-acoustic transducer as the listener perceives.

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号
特許第3478401号
(P3478401)

(45) 発行日 平成15年12月15日(2003.12.15) (24) 登録日 平成15年10月3日(2003.10.3)

識別記号		F I	
(S1)IntCl. ¹		H 0 4 R	3/04
		G 1 0 L	7/04
			9/00
			H
			H

請求項の数4(全 28 頁)

特許請求の範囲		(73) 特許権者	
(21) 出願番号	特願平10-542559	ケイ・エス・ウエイブズ・リミテッド	501321752
(86) (22) 出願日	平成10年4月3日(1998.4.3)	イスラエル・67021テルアビブ・デロシ	
(65) 公表番号	特表2000-505277(P2000-505277A)	ユベタチーデイクパ132	
(43) 公表日	平成12年4月25日(2000.4.25)	シヤシヨウア、メイア	
(86) 国際出願番号	P C T / I L 9 8 / 0 0 1 6 4	イスラエル・63827テルアビブ・フアイ	
(87) 国際公開番号	W O 9 8 / 0 4 6 0 4 4	アパーグストリート32	
(87) 国際公開日	平成10年10月15日(1998.10.15)	グロツター、ダニエル	
審査請求日	平成11年1月29日(1999.1.29)	イスラエル・71908レウト・リラクスト	
審判番号	不登2001-14245(P2001-14245/J1)	リート81	
審判請求日	平成13年8月13日(2001.8.13)	10060702	
(31) 優先権主張番号	0 8 / 8 3 2 , 8 1 2	弁理士 小田島 平吉	
(32) 優先日	平成9年4月4日(1997.4.4)		
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		

最終頁に続く

(54) [発明の名称] パス強調装置とその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法において、
(i) 音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給すること、
(ii) 関心のある低周波範囲内の各基本周波数の各々に関して、調整列を有する残留調整信号を生成すること、
(iii) 該基本周波数の各々に関して生成された前記調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含んでいる調整の第1グループを備えていること、
(iii) 前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数のラウドネスダイナミックス

ックと実質的に同じになるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とをラウドネス整合せしめること、
(iv) 心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計すること
を含むことを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法。
【請求項2】 音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法において、
(i) 音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給すること、
(ii) 該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関し、調整列を有する残留調整信号を生成すること。

上記各基本周波数に関して生成された調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含む調整の第1グループを備えていること、
(iii) $E_s = E_r \cdot RR' \cdot (f_r, N) + K$
ここで：
 $E_s = f_r$ に関して生成された残留調整信号のエネルギー（デシベル値）
 $E_r =$ 前記エルエフ信号内の前記基本周波数のエネルギー（デシベル値）
 $RR' \cdot (f_r, N) = RR \cdot (f_r, N)$ の±50%の範囲内の変形残留伸長比
 $RR \cdot (f_r, N) =$ 残留調整信号が低周波信号に対して伸長されるべき伸長比である残留伸長比
 $R \cdot (f) = 1.0 / (\ln(f) \cdot 0.241 - 0.579)$
 $f_r =$ 前記エルエフ信号内の基本周波数
 $N =$ 前記基本周波数の第N次調整、 f_c の上の主要調整
 $f_c =$ 前記エルエフ信号の境界周波数
 $f =$ 周波数
 $K =$ デシベル値での一定の利得
となるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とを本質的にラウドネス整合せしめること、及び
(iv) 心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計すること
を含むことを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法。

【請求項4】 音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置において、

音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給することのできる周波数ユニットと、
該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関して、調整列を有する残留調整信号を生成することができ、該周波数ユニットに接続された調整生成器とを具備し、
上記各基本周波数に関して生成された調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含む調整の第1グループを備えており、
更に、 $E_s = E_r \cdot RR' \cdot (f_r, N) + K$
ここで：
 $E_s = f_r$ に関して生成された残留調整信号のエネルギー（デシベル値）
 $E_r =$ 前記エルエフ信号内の前記基本周波数のエネルギー（デシベル値）
 $RR' \cdot (f_r, N) = RR \cdot (f_r, N)$ の±50%の範囲内の変形残留伸長比
 $RR \cdot (f_r, N) =$ 残留調整信号が低周波信号に対して伸長されるべき伸長比である残留伸長比
 $R \cdot (f) = 1.0 / (\ln(f) \cdot 0.241 - 0.579)$
 $f_r =$ 前記エルエフ信号内の基本周波数
 $N =$ 前記基本周波数の第N次調整、 f_c の上の主要調整
 $f_c =$ 前記エルエフ信号の境界周波数
 $f =$ 周波数
 $K =$ デシベル値での一定の利得
となるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とを本質的にラウドネス整合せしめること、及び
(iv) 心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計すること
を含むことを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法。

【請求項3】 音信号から、関心のある低周波範囲上に伸びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波信号を供給出来る周波数ユニットと、
周波数ユニットに接続された調整生成器とを具備しており、
該調整生成器が、該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関して、調整列を有する残留調整信号を生成することが出来るようになつており、
各基本周波数に関して生成された前記調整列は、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を有する調整の第1グループを備えており、
更に、前記調整生成器と接続され、前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数でのラウドネスダイナミックスと実質的に同じになるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とをラウドネス整合せしめることが出来るラウドネス整合器と、
心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計する合計用ユニットとを具備していることを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置。

下記に示るものは従来からあり他のは新造された（新造された用語はアンダーラインを付す）用語の用語

【説明の詳細な説明】
発明の属する技術分野
本発明は心理音響学の一般分野に於けるものであり、そして聴取者により感知される音質の強調に関する。本発明は聴取者が感ずるようにより電気音響の変換器により作られる音のバス（bass）部分の質を強調する分野の中に特定して焦点を当てられている。
用語集
下記に示るものは従来からあり他のは新造された（新造された用語はアンダーラインを付す）用語の用語

【請求項1】 音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置において、
(i) 音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給すること、
(ii) 該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関し、調整列を有する残留調整信号を生成すること、
(iii) 該基本周波数の各々に関して生成された前記調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含んでいる調整の第1グループを備えていること、
(iii) 前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数のラウドネスダイナミックスと実質的に同じになるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とをラウドネス整合せしめることが出来るラウドネス整合器と、
心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計する合計用ユニットとを具備していることを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置。

【請求項2】 音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置において、
(i) 音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給すること、
(ii) 該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関し、調整列を有する残留調整信号を生成すること、
(iii) 該基本周波数の各々に関して生成された前記調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含んでいる調整の第1グループを備えていること、
(iii) 前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数のラウドネスダイナミックスと実質的に同じになるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とをラウドネス整合せしめることが出来るラウドネス整合器と、
心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計する合計用ユニットとを具備していることを特徴とする、音信号の疑似的低周波心心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置。

集であるが、
「電気音響的変換器」→電気信号を可能音に変換する
主体的仕方に関する。この感覚は本質的に知られている
ように、鼓膜の特性、感知した音のそれぞれの周波数で
支配される脳のニューロンの興奮の度合いそしてその他
の要素の様な多くの心理学的要素によって決まる。本発
明に関連する心理音響学的感覚の3つの主な属性はラウ
ドネス、ピッチ及びタンバールである。

心理音響学の分野は広く文献で解説されて来っておりそ
れは正しいが、この分野の詳細な説明は参考文献1に見る
ことができる。

「低周波数での心理音響学的感覚（エンルーフピーエ
ス）」一音信号の低い周波数範囲から生ずる心理音響学
的感覚であり、本質的には何ら生理的及び電気音響的限
界が支配することはないと仮定している。

「擬似的低周波心理音響学的感覚（擬似的エンルーフピ
ーエス）」一元の音信号の低周波範囲以外の周波数から
生ずる心理音響学的感覚でありそしてそれは低周波の
心理音響学的感覚に似せようと試みる。

「共振ビッチ効果（欠損した基本波の現象（phenomenon
of the missing fundamental）とも引用される）」
一般的に共振ビッチ効果は、それが低いビッチの感覚
が音の基本（低い）周波数の調波と組み合わされ一方基
本周波数自体を取り除くことにより達成される心理音響
学的効果である。

「該信号内に組み合わされる該調波は本発明文では該周
波信号として引用されそしてその最終信号は本発明の本文
では心理音響学的代替え信号（ピーエイ信号）として引
用される。

換言すれば、該共振ビッチ効果は音響的な低周波を物
理的に伝送する必要なしに聴取者に低いビッチの心理音
響学的感覚を伝える。

又該「欠損した基本波の現象」として引用される共振
ビッチ効果は該ベース（bass）周波数の範囲、即ち200Hz
の低い範囲に関連して例えられる。かくして、指定され
た参考文献1の刊行物で該著者は欠損した基本波の現象
を説明しており、即ち、「例として、毎秒200回起こる
短い衝撃（クリック）から成る音を考えなさい。この音
は約1タンバールで200Hzの純粋な音のビッチに非常に近
い低いビッチを含む。それは200, 400, 600, 800, ... Hz等
の調波周波数を含むことを示す。しかしながら、該200H
z成分を取り除く（電子的に）ことが可能であり、該ビ
ッチは変化せぬことがわかる；該理の結果は該純粋音のタ
ンバールにおける僅かな変化である」。

この効果の詳細な説明は、例えば参考文献1の第IV章
にある。

「ベース周波数範囲」一実質的に20-300Hzの周波数範
囲。

「関心のある低周波範囲」一該擬似エンルーフピーエ
スに属する周波数範囲。該指定範囲は全部に前記ベース（ba

ss）周波数範囲に含まれたり又は前記ベース（Bass）周波
数範囲（成いはその部分）と部分的に重なったりする可
もしれない、該関心のある低周波範囲は1つ、又はもし
望まば2つ以上の別個の周波数範囲に亘り伸びている
かも知れず、個別の周波数を含んでいる。関心のある前
記低周波範囲内の各周波数は基本周波数と見なされる。
「関心のある低周波音信号（エンルーフ信号）」一関心
のある低周波範囲に入る音信号のその部分。

「周波数帯域の擬似的伸長」一該擬似エンルーフピーエ
ス（pseudo-LFS）の主観的効果。

「該周波数範囲（アールエイ信号（Rsignal））」一
一基本周波数を含まない基本周波数の調波の列（sequen
ce）。本発明によれば該調波の列は下記に述べられるよ
うな制限を受ける。

「心理音響学的代替え信号（ピーエイ信号（Psigna
l））」一該聴取者に擬似エンルーフピーエスを伝える本
発明による合成信号。

「ラウドネス整合属性」一2つの信号がそれにより同
じラウドネスダイナミックスを行すると判定される属
性。好ましいがしかし必ずしもそれらに限らぬが本発明
の該ラウドネス整合手順は同じラウドネスレベルを達成
する。かくして、もし該ラウドネスダイナミックスが保
持されるならば該ラウドネス整合属性は充される。一方
ラウドネスレベルには影響するがデシベルでの一定利
得を適用するような他の公知の手順は該ラウドネス整合
属性には必ずしも影響しない。

「ラウドネス整合手順」一前記第1及び第2音信号の
該ラウドネス整合属性を実質的に達成するために第1倍
号に適用される手順。該ラウドネス整合手順を実現する
1つの制限のない可能な仕方は該エスビーエル対フオン
伸長比アール（エフ）（R（f））を使用することによ
る。従って、これは聴取レベルの情報なしに達成されて
も良い。

「該ラウドネス整合属性」一それにより該音信号が
同じラウドネスダイナミックスとラウドネスレベルを有
すると判定される属性。

「該ラウドネス整合手順」一該該ラウドネス整合
属性を実質的に達成するために2つの音信号の1つに適
用される手順。この手順は該ラウドネスレベルの情報を
必要とする。

参考文献
下記説明で、場合により、引用されている、刊行物の
リストに対する参考文献は下記のようにである。

- 1) プライアン シー ジェイ ムーア（Brian C. J. M
oore）、“聞くことの心理学への入門（An introduction
n to the psychology of hearing）”, 1982.
- 2) ジョン アール、ピアス（John R. Pierce）、“音
楽的音の科学（The Science of Musical Sound）”, 19
92.
- 3) ピーシーマザガジン（PC Magazine）、1996年1月。

159-199頁 “スピーカー：音と激情（Speaker: The Sou
nd and the Fury）”。

発明の背景技術

音、例えば、音楽はベース（bass）の周波数範囲に亘っ
て伸びるベース成分も含む広い範囲の周波数から構成
り立っている。該ベース成分は音楽では重要な役割を演ず
る。かくして、例えば、ピアノの鍵盤は200Hzより低い
周波数に割り当てられたその音符の4分の1より多い広
い周波数範囲をカバーしている。映画、ビデオクリップ
（video clips）、マルチメディア（「エンエム（M
M）」）ゲームその他で使用される様々な“音楽効果”は1
000Hzより低い周波数を含んでおり；典型的例は自動車、
ヘリコプター、モーターサイクルエンジン、火砲の着
火、爆発の爆発等である。（又参考文献2の18-19頁、
図2-4参照）

示されたように、ベースは音の中で重要な役割を演ずる
が、音響的に低周波を再生（即ち、電気音響的変換器を
通して）することには固有の困難がありそして従って、
聴取者（即ち、低周波心理音響学的感覚）によって検出
される合成低周波（low-frequencyies）は電気音響的変
換器の物理的限界と心理音響学的理論とにより悪い影響
を受ける。

例えば、ピアノの音を考えてみるという。この音はそ
れぞれ低周波と高周波の心理音響学的感覚の高まりとを与
える低及び高周波を含んでいる。

電気音響的変換器を通してこの低な音の録音を再生す
ることは低周波に関連する物理的及び心理音響学的制限
のために該低周波の心理音響学的感覚を劣化させる。

該物理的及び心理音響学的制限に関しては、前者は低
い周波数範囲での電気音響変換器の固有の低効率性にあ
り、該指摘される低効率は該低周波の音響的波長に比し
て、該変換器の比較的小さい寸法から生ずる。かくし
て、20-300Hzの範囲の低周波の音波の波長はそれぞれ
0乃至1メートルの間にあり、該電気音響的変換器の物
理的寸法は、通常、該低周波の範囲の波長よりずっと短
くそして幾つかの場合には該電気音響的変換器の寸法は
該低周波の波長の約100分の1になる。この物理的欠点
は該低周波数範囲での該電気音響的変換器の効率が低い
周波数範囲でのその効率は比較して著しく低いことにな
り、それにより低周波の心理音響学的感覚（エンルーフピ
ーエス（LFS））を劣化させる。

更に該エンルーフピーエスを劣化させる他の側面は心理
音響学の分野にある。該心理音響学の分野で良く知られ
ているように、約500Hzより下の（及び約500Hzより上
の）周波数は耳の生理学では非線形の仕方を取り扱われ
る。その結果、複雑な音楽の音（即ち広い範囲の周波数
を含んでいる）では、低周波、中間の周波数及び高い周
波数の範囲の間のバランスは全体の音のレベルの調整と
して変化する。かくして、音楽の全体音圧レベルを下げ
ると、該中間及び高い周波数範囲のラウドネスレベルは

対応して減衰されるのに低い周波数範囲のラウドネスは異なる、より高い増率で減衰される。従って、聴取者は該低周波の心理音響学的感覚（エルエフピーエス）のラウドネス属性を感じる仕方を制御することは難しい。

(参考文獻1 02.3章65頁参照)

従来技術は、即ち低周波数範囲の信号を取り扱うことにより該物理的及び心理音響的制限を補償することに、エルエフピーエスの劣化を対処することを企てている。

ここに説明したように物理的及び心理音響的要素による該エルエフピーエスの劣化は、商業的に入手可能な電気音響的変換器やとして特にいわゆる卓上型マルチメディアスピーカークーが表われる。

卓上型マルチメディアスピーカークーは通常従来型パーソナルコンピュータ（ピーシー）に接続されそして寸法が小さいことに特徴がある（卓上で専用に取り当てる限られた物理的空間のために）。卓上型マルチメディアスピーカークーは比較的低い全体のラウドネスレベルで動作するよう通常設計されそして、他のものの中で、競争的

価格設定の期間のために、従来の家庭用ステレオスピーカークーに比較して、一般的に中間度か又は低い品質である。後者の特性はエムエムスピーエスの低い品質を引き起こしている。図1（文獻3から引用）はそれぞれ良質の8つの商業的に入手可能なエムエムスピーカークーの周波数応答曲線を示している。明らかに分かるように全てのスピーカークーは約150Hzの下でのその効率の著しい劣化を示している。

該指摘された境界にも拘わらず、該ピーシー環境でのマルチメディア応用の益々増大する普及度のために、卓上型エムエムスピーカークーの劣化は近年上昇している。一方で該マルチメディアスピーカークーの広範な普及と他方での音信号の低周波成分に関するその比較的低い性能とは開発者をして該電気音響的変換器の低周波の効率を改善しそれにより音信号の時間的伸長を達成することを力付けている。

ここで指摘されるような該物理的及び心理音響的限界に対処しよう企てる他の利用可能な従来技術が存在するがこれらの解決策の簡単な説明を下記に示す。

かくして、該電気音響的変換器の物理的制限に対処する1つの可能な方法はそれが電気音響的変換器に与えられる前に該音信号の低周波成分を簡単に（固定利得又は動的に制御された利得により）減めることである。この解決法は中間の及び低い品質の卓上型マルチメディアスピーカークーでは事実上無用とされるが、そこでは低い周波数範囲での効率は中間乃至高い周波数で同じ（電気音響的変換器の相当する効率に比して100分の1（＝40デシベル）より下に低下するかも知れないからである（図1参照）。かくして、該信号の低い周波数範囲を増幅することによる効率の差を補償する企ては該電気音響的機構を置き換えて全体の音レベルを非実用的に低くするかも知

る。幾つかの典型的結果を図2に示す。このグラフは20フオンから120フオンまでのラウドネスのレベルに対する等ラウドネス線を示しそして絶対数値（エムエーフ（dBF））曲線も含んでいる。該等ラウドネス線は該等値曲線と同様な形をしているが、しかし高いラウドネスレベルではより平坦になる傾向がある。これはラウドネスの伸びる割合が異なる周波数の高音で異なることを意味する。”

従って、本発明の目的は聴取者に擬似的な低周波の心理音響学的感覚を伝えることに関する限り効率的低い電気音響的変換器に関連する相違される欠点を解消させるか又は実質的に除くことである。

発明の概要

一般的には本質的に知られているピッチ検出及び等ラウドネス線を説明したが、本発明の内容に於けるその利用を下記で説明する。

次に、ピッチ検出効果に関連していわゆる周波数の第1次及び第2次グループの利用を明らかにする所の、良く知られた“耳の臨界バンド分解能”の簡単な説明を行う。

耳の臨界バンド分解能の内容はこの様に本発明の範囲を越えるものであるが、指示された現象の詳細な説明は参考文獻1の3.2章15頁で見ることが出来る。

周波数の第1のグループ、即ち基本周波数の最初の約10乃至12周波数はその各周波数が耳の別個のいわゆる臨界バンドに入り、それにより耳耳はそれらの2つの連続する周波の間も分解出来るようにする特徴がある。従来技術で公知のように、耳の該臨界バンド分解能はFを基本周波数とすると約F/10である。この中で周波数の第2グループは周波数の第1グループの上の周波数例えば第15次や第16次周波と定義される。前記第2グループの何れの2つの連続する周波の間の周波数差はF/10より小さいので、それらが同じ臨界バンドに入りそして耳がその2つを分離出来ないことが容易に起こる。

周波の列を有する残留周波信号（アールエイチ信号（Hilbert signal））は関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関連して発生される。

各基本周波数に関連して発生される前記周波の列は好ましくは次の基準に合うべきである：それは、基本周波数の周波数の第1のセットの中から少なくとも2つの連続する周波を含む第1のグループの周波を含んでいるべきである。

前記周波列は又第2グループの周波の中からの周波を含んでいるかも知れない。しかしながら、前記第2グループの中から周波のエネルギーは前記第1のグループの周波のエネルギーより、著しく、少なくとも10dBも低いことが好ましい。

第2グループの周波に関する後者の基準は、もしより高い周波が高レベルのエネルギーを有するとした場合検出される刺激的“バズ音”に対して、聴取者に検出され

る該アールエイチ信号のタンパーは深い音の質を有することを保証するであらう。もし第2グループの周波が使用されない場合はこのタンパーは更に強い理由で達成される。

本発明に関連して“周波”は純粋な周波（即ち、与えられた基本周波数Fの純粋第N次周波はN・Fの周波数を意味する）のみならず、近似的な周波（即ち、与えられた基本周波数Fの近似第N次周波はN・F・（約5%の精度付き）の周波数を意味する）も含むことを含むべきである；かくして限定しない例に挙げれば、750Hz、740Hz、760Hzは各、本発明に関連して、基本周波数150Hzの第5次周波と見なされるが、ここで750Hzは純粋第5次周波であり、740Hz、760Hzは各近似第5次周波を構成している。同様に、図2の曲線は精確な周波の改訂を受けるかも知れない。本発明は図2で限られていない。現在の状態ではその曲線により限定されない。

今度は擬似エルエフピーエスのラウドネス属性に於けると、該アールエイチ信号及び関心のある低周波の音信号がラウドネス整合属性を有することが望まれる。説明されるように、“ラウドネス整合手順”は又該アールエイチ信号及び該低周波数信号が実質的にラウドネス整合属性を有する状況も包含している。ここで2つの異なる場合が考えられる。第1の場合は該ラウドネスレベルの場合である（即ち、聴取者により検出されるような）。この場合では、該ラウドネス整合属性はラウドネス整合手順を適用することにより達成される。第2の場合は該ラウドネスレベルが絶対ラウドネス整合手順を適用することにより達成される場合である。

ラウドネスレベルを測定出来るラウドネス分析計を使用するラウドネス整合手順を使用することにより該ラウドネス整合属性を達成することは可能である。

ラウドネス分析計を實現するための良く既知された手順が公の文書（その幾つかを下記で説明する）に見られる。この分野は広く研究されそして改良された方法が常に示されている。

実際は、ラウドネス分析計の選択は好ましくは、特定の応用のための、必要な音響的忠実性に対するコストと複雑性の制限によって行われべきである。

従って、本発明は聴取者に音信号の擬似低周波の心理音響学的感覚（擬似エルエフピーエス（Pseudo-LFP S））を伝えるための下記を含む方法を提供する：

- (i) 少なくとも音信号の低周波信号（エルエフ信号（LF signal））を供給するが、該エルエフ信号のある低周波範囲上に仰びている；
- (ii) 関心のある低周波範囲内の基本周波数に対し、周波列を有する残留周波信号を発生する；

前記周波列は、各基本周波数に関連して発生された該基本周波数の周波の主要なグループの中から少なくとも2つの連続する周波を含む第1グループの周波を含んでいる；

(iii) 前記残留調波信号と前記エルフ信号とのラウドネス整合属性を実質的に達成するために前記残留調波信号にラウドネス整合を適用する。

前記エルフ信号の供給は例えば次の順序で適用することによりもたらされる：

該信号から少なくとも該低周波信号（エルフ信号）を得る。

実施例の方法によると、前記方法は更に (iv) 少なくとも前記残留調波信号を使用する心理音響学的代替信号と前記音信号又は前記音信号の部分とを発生する

過程を含んでいる。

前記部分は例えばその高い周波数のエイチエフ信号部分 (high frequency HF signal portion)、該エルフ信号及び該エイチエフ信号と初めに重畳する該音信号の部分、又は向い他の他の組み合わせであっても良い。

本発明は更に聴取者に音信号の擬似低周波心理音響学的感覚（擬似エルフビープエース (Pseudo-LFBS)）を伝えるための下記を含む方法を提供する：

(1) 少なくとも音信号の低周波信号（エルフ信号 (LF signal)）を供給するが、該エルフ信号は関心のある低周波範囲上に伸びている

(ii) 関心のある低周波範囲内の各基本周波数に対し、調波の列を有する残留調波信号を発生する；

前記調波列は、各基本周波数に関して発生された該基本周波数の第1セットの調波の中から少なくとも2つの連続する調波を含む第1グループの調波を含んでいる

(iii) 前記エルフ信号上の前記残留調波信号のラウドネス整合属性を下記のように実質的に達成するために前記残留調波信号にラウドネス整合を適用する

$$E_a = E_f \cdot R^N \quad (E_a, N) + K$$

ここで：

E_f = 前記エルフ信号内の基本周波数

E_a = 前記エルフ信号内の前記基本周波数のデシベルでのエネルギー

$E_a = E_f \cdot R^N$ (1) $R = RR \cdot (f, N) + 50\%$ 、後記する式により、 f とその第 N 次調波の間の残留伸長比

N = 前記基本周波数の第 N 次調波、 f の上の主要な調波である

f_a = 前記エルフ信号の境界周波数

下記の特定に説明されるように、該説明を実現することは何れかの特定のハードウェア又はソフトウェアを制限されない仕方で該ラウドネス発生器と調波発生器は通常のハードウェアモジュールとして実現される。

次に本発明のラウドネス整合手順を説明するが、それは従来のラウドネス分析器の使用を取り除きそして代わりに耳の一定ラウドネス曲線の下方向長器の解釈を使用

している。

該（公知の）一定ラウドネス曲線を調べることにより約20〜700Hzの範囲の与えられた周波数に対し、エスビープールからフオンへの耳の伝達関数はそこで該伸長比が周波数の関数である。“下方伸長器”のそれと同じ様であることが分かる。

かくして、該入力での該エスビープールがXデシベル下げられるならば該出力でのラウドネスはR'Xフオン下げられるが、ここでR' 1は周波数に左右される伸長比である。該用語集で特定したように、専門語“R” (1) ”は該エスビープール対フオンの伸長比である。

20と80との間の該“一定ラウドネス”曲線（通常の聴取条件の実験的ラウドネス範囲より以上をカバーするが）を調べることで、下記の数値が得られる：

40Hzで約18デシベルのエスビープールの範囲は60フオンの範囲に伸長される、即ちR (40) ~3.23、同様にR (80) に対し~2.1、そしてR (120) に対し~1.74となる。

更に、20〜80フオンのラウドネスレベル範囲と、そして20〜700Hzの周波数範囲との中でR (f) は絶対ラウドネス、（又は対応するエスビープール）にほぼ無関係である。

線形の実験的近似により、20〜80フオンの範囲でそして20〜700Hzの間で周波数“f”Hzの関数としての該エスビープール対フオンの伸長比“R (f)”の良い近似は：

$$R(f) = \frac{1.0}{(0.04 \cdot f + 0.241 - 0.379)}$$

で提供される。

一般に、20及び700Hzの間で“f”がより高くなるにつれてR (f) は小さくなる。前記事項を見ると、如何にして該ラウドネス整合手順がエスビープール対フオンの残留伸長比の用語で提供出来るかが説明されている。

かくして、“残留調波信号”を創る時、周波数の低い範囲 (f1, f2) に存在する“低周波信号”が得られる。該低周波信号は次いでR (f1) .. R (f2) の間の比を有する耳により“エスビープール対フオンの伸長”を受ける。そこから発生する該“残留調波信号”はもう1つの（より高い）周波数バンド (f3, f4) に存在する—それは次いで他の（より低い）比R (f3) .. R (f4) を有する“エスビープール対フオンの伸長”を受けるであらう。

かくして、耳でのラウドネスダイナミックス（フオンでの）保存するために、エスビープールの用語での該“残留調波信号”の動的範囲は該“低周波信号”のそれに対して伸長されるべきである。ここでの伸長比はR (f1) / R (f3) と R (f2) / R (f4) との間のどこかにあるべきである。それにより該“残留調波信号”が“低周波信号”に対して伸長されるべきであるこの“追加的”伸長比は“残留伸長比”と呼ばれる。例によるより詳細な説明は次の様である：

より良い理解のために、40〜120Hzの範囲の低周波信号を置き換えるために、120Hzより上の周波数に有する“心理音響学的代替信号”を創る制限のない例を考える。

40〜120Hz間の何れの基本周波数に対しても、該残留調波信号は120Hzより上の周波数に有するその最初の例例えば3つの調波を含んでいる。

表 1

基本波 f_1	R (f ₁)	h=120Hzより大きい 第1調波の次数	n・f ₁ =120Hzより大きい 第1調波の周波数	R (n・f ₁)	$RR(f_1, n) = \frac{R(f_1)}{R(n \cdot f_1)}$
40Hz	R (40) = 3.23	n=第3次	120Hz	R (120) = 1.74	1.85
50Hz	R (50) = 2.75	n=第3次	150Hz	R (150) = 1.59	1.73
60Hz	R (60) = 2.45	n=第2次	120Hz	R (120) = 1.74	1.41
70Hz	R (70) = 2.25	n=第2次	140Hz	R (140) = 1.63	1.38
80Hz	R (80) = 2.1	n=第2次	160Hz	R (160) = 1.55	1.35
90Hz	R (90) = 1.98	n=第2次	180Hz	R (180) = 1.49	1.33
100Hz	R (100) = 1.88	n=第2次	200Hz	R (200) = 1.43	1.31
110Hz	R (110) = 1.81	n=第2次	220Hz	R (220) = 1.39	1.30

低周波範囲の与えられた範囲でその平均周率に近い効率を呈する場合、好ましくは(必ずしもそうでないが)関心のある該低周波信号の完全な又は減衰された強さが該心理音響的代替え信号に合計される。

低効率が呈する該電気音響的変換器のその周波数範囲にそれ自身が存在する基本周波数のそれら高周波に関しても同じ様な考慮が払われるべきである。

その最も広い範囲では、本発明は次ぎのものを備えた音信号の使役低周波心理音響的感覚を聴取者に送るための方法を提供するのであり：

(i) 少なくとも音信号の低周波信号 (エンループ信号) を提供するが、該エンループ信号は関心の低周波範囲に亘り伸長する；

(j) 前記の少なくともエンループ信号の調製を発生するが、それは該調製が前記の少なくともエンループ信号により生成されるよう意図されたと実質的に同じラウドネスレベルをもたすためである。

オーディオ信号は通常最終ユーザーの聴取条件、以下基準聴取条件とするが (周囲音及びノイズは音再生システムに限定されないが)、を成る程度、調節することにより意図される調整を達成するように用意される。

本発明の方法とシステムは何時でも該聴取ユーザー聴取条件が前記基準聴取条件に比して (特に該エンループ部分に関して) 劣る、例えば該ユーザーが劣ったオーディオ再生システムを用いている時に適用可能である。

本発明によると該オーディオ信号は、特定のラウドネス、ピッチ、タンバール属性に関して、意図された感覚を実質的に達成するように取り扱われる。

図面の簡単な説明

より良く理解するために、例として使うためだけにであるが、次ぎの付随する図面を参照して本発明を説明するが：

図1はそれぞれ8つの良質の商業的に入手可能なエムエムスピーカーの8つの周波数応答曲線を示す。

図2は等ラウドネス線のグラフである。

図3aは本発明の1実施例の心理音響的代替え信号発生器を図解するブロック図である。

図3bは本発明の1実施例の図3で図解された発生器の部分形成するラウドネス分析器、制御ロジック及び制御応用モジュールのブロック図である。

図3cは本発明の1実施例のスピーチ信号発生器のブロック図である。

図3d-3eは音信号又はその部分を利用することによりスピーチ信号を発生する4つのそれぞれの実施例を図解している。

図4は本発明の1つの実施例の心理音響的代替え信号発生器を図解するブロック図である。

図5は図4の実施例に使用された上方への圧縮器のロジックの1つの可能な実現法である。

る。

3. 各周波数バンドに対して、該バンドの残余内のエンループによりそれに置かれるマスキング曲線の位置として (時間) に依存する) マスキング数値を得る。

4. 各周波数バンドの上 (時間) に依存する) ラウドネスを前記マスキング用数値の上にあり、そのエンループレベルで、その周波数バンドに於ける耳の感度により重み付けされた計算をする。

5. 上の4で計算された或る周波数範囲の (又は全てのバンドの) 全てのバンドの (時間) に依存する) ラウドネスを合計することとでその周波数範囲のラウドネス (又は全体のラウドネス) が与えられる。勿論他のラウドネス解析技術を使用しても良い。

図3aに戻る、該ラウドネス整合手順 (該 “低周波信号” に関して) で扱われる “残留調製信号” に制御ロジック (30) が適用される。精密な制御ロジックには耳に与えられたオーディオ信号全体の情報が必要とされ、かくして “高周波信号” もここで必要とされることに注意すべきである。

該 “ラウドネス分析器” が更精密であるとして、そしてラウドネスレベルの動的な変動を抑制して、図3aの概念的ブロック図は “心理音響的な代替え信号” 用に望ましい該 “ラウドネス整合” を実行出来る。図3aに描かれた該塊々のモジュールの詳細な説明は図3bも参照して下記に示す。

この図解の目的は該エンループ信号のラウドネスを該スピーチ信号のそれに整合することである。この目的に対して該アーエルエイチ信号 (それは未だ該エンループ信号へのラウドネス整合ではない) を創った後に、下記過程が実行される：

- (a) エルエフ0 (LF) 乃至エルエフN (LF) と称される対応したエフ+1 (M+1) 個の信号を得るために該エンループ信号を周波数バンドに分割しそしてそれぞれエンループ抽出モジュール30a乃至30a内の各信号のエンループを抽出する；
- (b) アーエルエイチ0 (RF) 乃至アーエルエイチエム (R) と称される対応したエム+1 個の信号を得るために該アーエルエイチ信号を周波数バンド30iに分割しそしてそれぞれのエンループ抽出モジュール30a乃至30aで各信号のエンループを抽出する；
- (c) モジュール30a乃至30aから得られた該アーエルエイチ信号分析の各周波数バンドに対して、それぞれのモジュール30a乃至30a内でのその調製がこのバンドのエンループの大部分に対応する基本周波数バンド (モジュール30a乃至30aから) を決定する。この過程の関連したロジックは又該アーエルエイチ信号が如何に発生したかを第2及び第3調製だけを含んでいれば、該アーエルエイチ信号バンドの各々のエンループは該バンドの周波数より2分の1倍か3分の1倍低い周波数の基本バンドから

成ったものでなければならぬ。この場合該アーエルエイチ信号バンドの幾つかに関して1つのエンループ信号バンドの第2調製でありそしてもう1つの第3調製でもある感度さに関する可能性がある。かかる場合、大部分のエンループを含んでいる基本バンドを選択する。

(d) モジュール30a乃至30a及び30a乃至30aの間の対応を決定したので、モジュール30a乃至30aは耳の感度曲線に依って対応するモジュール間で該ラウドネスを整合させるために必要な利得を計算するよう適合される。換言すれば、該周波数 (調製数) と該エンスピーセル (擬振動) に依って該基本周波数バンドと組む合わされている該ラウドネスを図2グラフの中で確認し、該対応するモジュール30a乃至30aで同じラウドネスを創るに必要な該エンスピーセルを決定し；そして該30a乃至30aのエンループを前記必要エンスピーセルエンループまで持って来るに必要な利得を決定する；

(e) エム個のラウドネス整合済み信号を得るためにそれぞれ別の乗算器30i乃至30iの中で利得差を適用する；そして

(f) ピーエイ信号を得るために該エム個のラウドネス整合済み信号を合計する。

ピーエイ信号発生器のもう1つの変型を図3bに示す。この回路は該アーエルエイチ信号発生とラウドネス整合とを各周波数バンド内で行う。この例は又周波数のバンドに対する該近似周波数伸長比R (f, n) に対して得られた結果を使用する。この目的に向かつて全入力信号から該エンループ信号を分離した後、次の過程を実行する：

- (a) LF乃至LFnと呼称されるM+1 個の信号を得るために該エンループ信号を周波数バンドF30iに分割する。
- (b) 対応するモジュール30i乃至30i内でLF乃至LFnに對するM+1 個のアーエルエイチ信号抽出を発生する。該調製発生方法は前に知られているので、それぞれ信号LF乃至LFnとRFnとの間のエンループ関係はは一般に知られている；
- (c) 該RF乃至RFn信号の各々の該エンループ30i乃至30iを抽出する (代わりに該抽出は該RF乃至RFn信号に同じなすことも出来る) ；
- (d) 該RF乃至RFn信号に適用されるべきそれぞれの利得30i乃至30iを計算する。この計算は各それぞれのバンドに対するLF乃至LFn及びRFn乃至RFn信号エンループの間の関係、そして該近似周波数伸長比、R (f, n) に関する演算的な情報に基づいている。この利得は該最終結果が該RF乃至RFn信号のラウドネスを該対応する各バンドの残留伸長比を通して該対応するLF乃至LFn信号に整合させるように計算されるべきである；
- (e) M個のラウドネスを整合した信号RFn乃至RFnを得るためにそれぞれ別の乗算器30i乃至30i内で該利得を適用する；
- (f) 該ピーエイ信号を得るために該M個のラウドネス

を整合された信号 h_{in} 乃至 h_{out} を合計する。

今回 ad_{in} 乃至 h_{in} を見ると、心理音響学信号の発生のために音信号又はその部分を使用する多くの可能な変型品から4つを図解するブロック図が示されている。かくして、図3dに示すように、回路3100はモジュール3103内の成周波フィルタとモジュール3104内の低周波フィルタに向けられた入力音信号3102を含んでいる。該低周波信号3103はモジュール3105内の残像留調波信号に向けられ、そして該最終成周波信号/低周波信号及び残留モニター信号はそれぞれ增幅器3106、3107及び3108に供給されるが、各増幅器はブロック3109内で最終出力信号3110を発生するために、もし望むならば、別個の増分値を有している。

もう1つの限定しない例が図3eに示されているが、ここでは該低周波信号だけが該入力信号から抜き出されている。しかしながら、この特別な実施例では、それぞれモジュールで各々がフィルタされた別個のF範囲から成っている（例示されているJ17乃至Jnの唯2つが3202及び3204で示されている）。次いで該低周波信号はモジュール3206及び3208内の残像留調波に向けられ、そして該結果は該出力3212を発生するために合計用モジュール3201内で該入力音信号と共に合計される。

今回3fに示すもう1つの限定しない例を見ると、モジュール3302内で発生される該低周波信号はモジュール3304の該残像留調波に向けられていて、ここで最終処理の元の音信号がモジュール3305内で該残像留調波信号に合計される。示されたこの実施例により、周波の周波信号は捨てられる。もし望むならば、後者は次いで3308を通して成周波フィルタ処理を受ける。

今回3gを見ると、もう1つの限定しない例が示されているがそれはモジュール3408の該高周波信号は純粋な高周波信号をフィルタ処理しないが、この特定の实施例では、該音信号の該部分が低域帯上げフィルタにより得られるという事実以外は前の一つと似ている。

当業者は上記4つの例が該出力信号を発生する手順の間に該音信号又はその部分を利用する広範な可能性を図解していることは容易に評価するであらう。

図4は本発明のもう1つの実施例の心理音響学代替え信号発生器を図解しているブロック範囲を図解している。図4は今までの従来のラウドネス分析器と比較して簡略化されている。該理由はその方が該残像発生過程と該ラウドネス整合とモジュールの簡易な組み合わせである。該理由が、該回路はフィルタ、加算器、積算器、上方への圧縮の様な基本的部品から成っている。該後者の手順は調波発生とラウドネス整合の過程に何等特定の要求を課していないことを図解している。

全周波範囲とその第n次調波に適用する近似的留調比を得ることにより、そして更に該しめされた回路がその整合中に該調波を再帰的に発生するために、複雑なエネルギー/周波数解析は必要でない。事実、示され

らである。該エネルギー信号の周波数は該サンプル速度より著しく低く、この1サンプル遅延の影響は無視出来ることに注意すべきである。

該フィードバック部分(43)の要素を説明したが、回路の残りの要素を今度は説明する。

出力高域フィルタ(50)ー加算機(52)を経た後、該フィードバックループからの出力は該出力高域フィルタに供給される。この22はf3(この特定の例では120Hz)より下の周波数要素を拒絶し該上方圧縮器ロジック(Upwards-Compressor Logic)、及び該出力乗算器(53)の両者を供給する。下記で説明するように、このフィルタの影響は該上方圧縮器ロジックの適切な動作に非常に重要であるが、しかし又この特定の例では一次ぎのスピーカーの不要な負荷を避けるのに役立っている。この特別な例では、一40デシベル停止バンドリプルを有する第4次の複円フィルタが満足すべきものであった。図8はこのフィルタをグラフィ的に示す。

乗算器(53)ーここで該圧縮器からの制御信号は該発生器の出力に印加される。

上方圧縮器(48)ーこの回路は、もしその入力に(乗算器により)印加されると該入力信号の該エネルギー包絡線ダイナミックレンジ(デシベルで表して)を典型的には $r(1,0$ である比 r で圧縮することになる制御信号を計算する。該制御信号は該フィードバック利得とそして該発生器の最終出力との両者に印加されることに注意すべきである。該上方圧縮器への入力は高域フィルタ(50)から供給されるので、f3より上の該アーウェイチ信号が限定され、該フィードバックループ信号外にあるより低い周波数を含んではない。

原理で、該制御信号は：

$$C(t) = (E(t))^{0.00}$$

ここでE(t)は入力信号の(時間変化する)エネルギー包絡線である。

従って該信号C(t)・入力は包絡線E(t)を有する。

該デジタル又はアナログのドメインで圧縮器を用意するには種々の方法があり、該方法は当業者には一般に公知である。

図5は上方圧縮器の概念的实施法を示す。

かくして本質的に公知の包絡線検出器(下記参照)を有する該入力に包絡線 $E(t)$ が検出される。

該乗算機信号は該 $E(t)$ に計算されるが、即ちもし該入力に $C(t)$ を掛けられるとその変型された包絡線 $E(t)$ 倍したものを有する。

$$\text{かくして } C(t) = (E(t))^{0.00} \text{ そして } E(t)$$

$$C(t) = E(t) \text{ である}$$

デシベルは振幅の対数を付け加えることを含むの下記方式が得られる：

乗算器(44)ーここで該エネルギー信号(41)基本周波数を含んでいる)は該(選定した)(61)フィードバック信号により掛け算される。かくして該乗算の前に該フィードバック信号内の何れかの第N次調波から第(N+1)次の調波を発生する。

この乗算も又各調波と相対合わせられるダイナミックレンジを固有的に伸張する効果を有する。後で説明するように、この伸張は望ましい残留伸張比をもたらすために利得(47)内に補償される。

該乗算(44)のもう1つの副作用は“内部変調”と直流分の発生である。あとで説明するように、周波数f1より下に入るこの様な成分は該フィルタフィードバック高域フィルタ(46)により減衰される。

ミックス(加算器)(52)ーは該エネルギー信号を該フィードバックに投入しそして該フィードバックループを通して次の領域で成周波に高調波を帰納的に発生するため、に該フィードバックループ内で該基本波を充分な強さに維持することを目指す。この加算器の後から該フィードバックの出力は該回路の残りの部分へ渡される。

高域フィルタ(46)ーカットオフ周波数 $f1$ を有するフィードバック高域フィルタ。このフィルタは該フィードバック利得の周波数依存部分を示し、f1より下の周波数(そして直流成分)が拡大するのを防止する。考慮する特定の例ではオクターブ当たり12デシベルの勾配を有するフィルタ(第2次のバタワース(Butterworth)の様な)が満足すべき結果を提供することが分かった。図7はこのフィルタをグラフィに示す。

利得(46)ー高調波、特に第2グループに属するそれらを減衰させる割合を制御する。

乗算器(47)ー該圧縮器(48)からの制御信号を供給される。この乗算器は該フィードバックの利得の“動的な”部分を充てる。我々は動的に制御するのはこの点であるミックスレンジをを事実的に制御するのはこの点である。換言すれば望ましい残留伸張比を高める。前に説明したように、各調波はその基本波に対し該“残留伸張比”だけ下方へ伸張されることが望ましい。一般に、該乗算器(44)の効果は誇張された調波当りの下方伸張比となりーこれは上方への圧縮を適用することにより乗算器(47)により補償される。該フィードバック回路(43)が帰納的過程として実現されるので、該制御信号に印加される該調波当りの方の圧縮比の増強は自明なことではない、それで下記に説明する。

該制御信号はそれが主に該フィードバックループのエネルギー包絡線、即ちダイナミックレンジに影響するよう、に本質的に公知のスムーゼ化を施ることに注意すべきであるが、その周波数内容への影響は無視出来る程である。

1 サンプル遅延(51)ーデジタルドメイン充足のため必要であるが、それは該デジタルドメインでのフィードバックループは少なくとも1サンプル遅延を要するから“時計回りに”進む)

$$\log(E(t) \cdot C(t)) = \log(E(t)) + \log(C(t))$$

従って、比 r でダイナミックレンジ(デシベルで)を伸長することは該エネルギー包絡線を利用して引き上げることと等価である。該“C(t)”信号を発生したためによりスループット、ゆっくりに変化する関数を得るためにそれは本質的に公知のスループット化を受け、それがもう1つの信号を掛けられた時間周波数へへの影響は無視出来る。

図6に、特定のデジタルのドメインの充足法が示されている。

当業者には公知のように、デジタルドメインでの上方圧縮器を充足するには種々の可能な方法がある。

次に示すのはこの特定の例に適合する簡単な充足の例である。

この例では信号“C(n)”の計算は入力 $\ln(n)$ の有理関数により関数“ x^{n-1} ”への近似を通して行われるが、すなわち：

$$C(n) = \frac{(n+1) \cdot \ln(n) + 2 \cdot \ln(n)}{(n+1) \cdot \ln(n) + 2 \cdot \ln(n)}$$

この後者の充足法は一度に幾つかの目標をもたす：

すなわち包絡線抽出、過剰利得保護そして最初のスループット化である。

包絡線抽出—簡単な包絡線抽出器はスループットワークが後に続く全波整流により充足されることが多い。該有理関数は“ $\ln(n)$ ”の関数であるを含む、で、該入力を最初に整流する必要がある。

過剰利得切替—1に対する該関数は x が0.0に近いとき非常に大きな値を持つことが出来る。次のスループット化段階がゼロでない応答時間を有するのでゼロからゼロでない値までの該信号の急速な立ち上がりは非常に高い利得に曝されねばならない。より高い値の信号へのこの高利得の追加を防止するために、次のスループット化段階の着手する応答時間は急速である必要がある。しかしながらこれは余りに高い周波数内容を有する制御信号となり、そして制御信号は包絡線だけでなく、それにより制御される他の信号の周波数内容にも影響する。考慮された近似される関数では、0.0に近い利得は0.00により制限された。

初期スループット化—1に対する関数“ x ”は0の付近に不連続がある。この不連続は又該信号“C(n)”に高周波数を導入する。これは次に上記で説明したように一化により対処出来るが—それは上記で説明したように最初の着手用の急速応答の必要性を電線を生ずる(該関数“ x ”)をそれがあるように使ったと仮定して)。該提案された近似関数は完全に連続であり、そのためより高い周波数を生ずる制御信号を発生し、そして次にそのスループット化段階はドラスチックなものでも必要がない。

であるが第3調波は120Hzを超える)に対するものである。

簡単に、次の説明では $g=1$ とする(g は該周波のフィードバックループの利得である)。

第2調波が主な調波である定常状態では、それはミキサ(52)の後では該第2調波の該伸長比である x の値に等しい形を取る：

$$x = (E \cdot F + E \cdot F) = (E \cdot F + E \cdot F)$$

下記該乗算器(44)での該基本成分($E \cdot F$)は、 $E \cdot F$ は第2調波であり、すなわち：

$$E = E \cdot F$$

定常状態の解は次のようになる：

$$x = x \cdot (r-1) + 2$$

$$x = \frac{2}{(r-1)}$$

今、もし該ミキサ(52)の後の第2調波(すなわち $E \cdot F$)が主要項であれば、CS(49)に依る計算の後下記の結果出力が得られる：

$$E \cdot F = E \cdot F$$

そこで $x \cdot r$ が出力に於ける第2調波の伸長比であり、そしてこれは上記(表1)で詳細に説明したように該第2調波用該伸長比1.34に等しく設定されるべきである。

$$x \cdot r = 1.34$$

$$x = \frac{2}{(r-1)}$$

$$x = \frac{2 \cdot r}{(r-1) \cdot 1.34}$$

に対して：
我々は：

$$r = 0.802$$

今、第3調波が主要調波であり、すなわち第1調波が120Hzを超える第2調波に反して、我々は

$$x = \frac{3}{(3-2 \cdot r)}$$

を得る。

上記(表1)詳細に説明したように第3調波に対する該伸長比は1.74に等しくあるべきである： $x \cdot r = 1.74$ 。

r を解くことは次のようになる：

$$\frac{3 \cdot r}{(3-2 \cdot r)} = 1.74; \quad r = 0.805$$

第2調波の場合及び第3調波の場合に対する圧縮比

$E \cdot F + E \cdot F$
出力減衰フィルタの後では、 $E \cdot F$ は主成分であり、そして従って該圧縮器制御信号は下記となる：

$$CS = E \cdot F$$

従ってCSを掛けかけた後、該1サンプル遅延に於いて我々は下記を得る：

$$r = (E \cdot F + E \cdot F)$$

r の解は非常に近接している。もし我々が第3調波の方程式に対し $r=0.802$ を使用すれば我々は右記を得る：

$$x = \frac{3 \cdot 0.802}{(3-2 \cdot 0.802)} = 1.72$$

かくして、第2又は第3調波が主要調波である両方の場合、約0.801の1つの一定の上方圧縮比が正しい残留伸長比と成り得る。

上記の近似解析では、上方圧縮による該制御信号の取得への該主要調波以外のものの影響は無視した。実際には該他の—主要調波以外の—調波が該圧縮器により抽出される包絡線に幾らか貢献しそして常に高調波があることでその貢献は該主要調波のそれ自身によるものに比して該圧縮器への入力で該包絡線を伸長することになる。主規則的では0.75乃至0.8付近の値が良好結果を生ずることが示されている。

上記解析では $g=1$ を割り当てた。該主要調波に対しては利得の一定変化であり、該発生器の外部に対してはより高い調波に対しては該調波の減衰比を制御することとを示すことが出来る—それはより高い調波は該フィードバックループを通してより多い利得を通して発生されるからである。そのため実際“ g ”はより高い(高)の第1調波より)調波がそれで見られる比を制御することとでピーエイ信号の感じられるクンパーを制御する方法として役立つ。

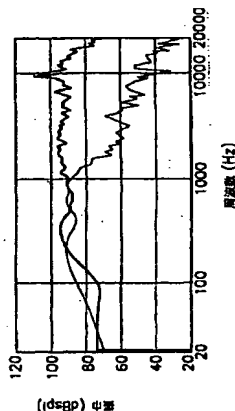
“ g ”はフィードバックループの部分であるので、調波が減衰される割合は抽出に g ではなく、該フィードバックループ内で再帰的に印加される“上方圧縮”によって制される。従って第2グループの調波に入る調波を適切に減衰させるために g はより小さい値に設定されるべきである。約 $g=0.3$ の値が充分であると分かった。

図4乃至8の間の説明はラウドネス整合を実現するための残留伸長比手法に基づいてピーエイ信号発生器を実現するための実施例の多くの可能な変型品の1つを図解した。勿論同じ目的を得るための他のハードウェア/ソフトウェアも適用可能である。

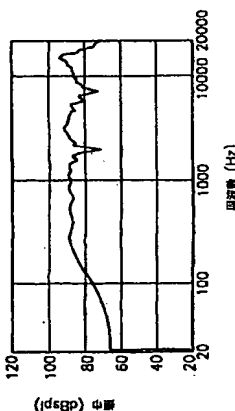
本発明は又図3a、3b、3cで略図的に図解された他のラウドネス整合技術を含んでいる。

図4乃至9に関する説明は精密なラウドネス整合(すなわち、第2調波が主要な場合は約1.34、第3調波が主

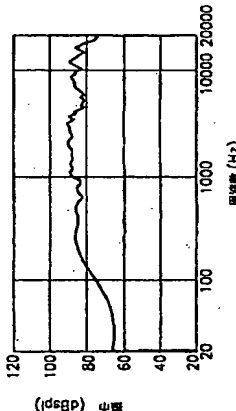
【第1B図】



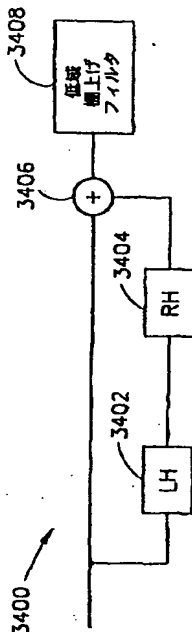
【第1C図】



【第1D図】



【第3G図】



き) 時で、その場合低いレベルの信号がマスクされる、

例えば:

- 2.1 自動車の中;
 - 2.2 商店街の中;
 - 2.3 加工機械のある環境; 又は
 3. 特定のバス音 (低周波) に関して成る種のポップミュージックでは主観的 "効果" として時々ダイナミックレンジの圧縮が望まれる。
- 本発明の関連で、上記全ての例に対して、ピーチー信号発生過程の部分として該ピーチー信号の圧縮を行うことが出来るが—それは該エルエフ信号とピーチー信号の間の異なる (自然とは別の) 伸長比を印加することによるのみである。
- 上記例では1.2の様な圧縮比を望むことが出来て、そしてかくして一般に、RR (f,n) \pm 50% の範囲に入る該伸長比が本発明に含まれる。

次ぎの請求項で請求項の過程を呼称するため使用されるアルファベット文字は説明の便宜のために含まれており、該過程の何等特別の動作順序を必ずしも意味しない。

本発明は或る程度の特殊性を以て説明されているが、種々の変型や変更も本発明に定義された本発明の範囲と精神を離れることなく無くなされるかも知れないことは理解されるべきである。

本発明は或る程度の特殊性を以て説明されているが、種々の変型や変更も本発明に定義された本発明の範囲と精神を離れることなく無くなされるかも知れないことは理解されるべきである。

要な場合は約1.74に該伸長比を選択する) を例示したが、これは決して必要要件を構成するものではないことは注意されるべきである。換言すれば、幾つかの応用では実質的に該ラウドネス感度特性を逆転することでも充分である。従って、そして下記より詳細に説明するよう、上記の約 \pm 50%の範囲に入る伸長比 (すなわち変型伸長比) も許容される。

かくして上記説明で、関心のある低周波信号と心理音響学的代わる信号との間の該ラウドネス感度特性を達成するための原理と方法を説明した。

それにより該ピーチー信号のダイナミックレンジが該エルエフ信号に対して伸長されるべき近似された比を提示した。この近似伸長比 "自然" 比として引用される。次ぎに何故、実際に、比の範囲 (すなわち該 "自然" 比付近の変型された比) が有用なそして望ましい結果を提供出来るを説明する。

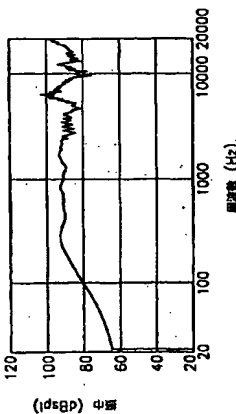
音のダイナミックレンジの意図的圧縮は次ぎの様なおのり実用的状態で望ましい:

1. 録音を運ぶメディアが次ぎの様にダイナミックレンジに於いて技術的に限定されている:

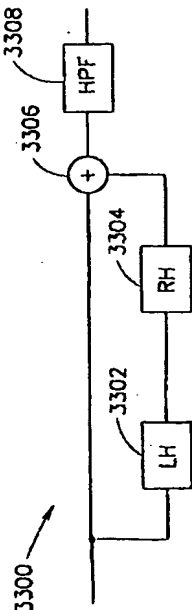
- 1.1 ラジオ又はTV放送;
- 1.2 限定されたダイナミックレンジを有するテープカセット;
- 1.3 8ビットファイル式のマルチメディア等;

2. 音が比較的低い背景雑音の成る環境で再生される (べ

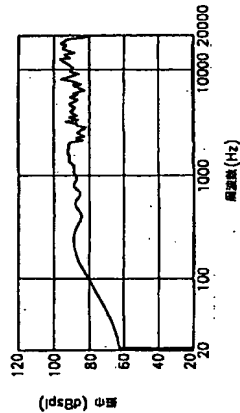
【第1A図】



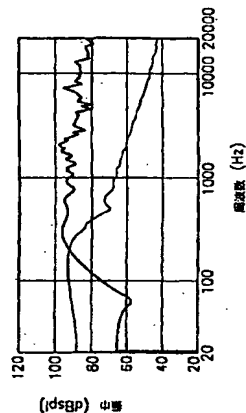
【第3F図】



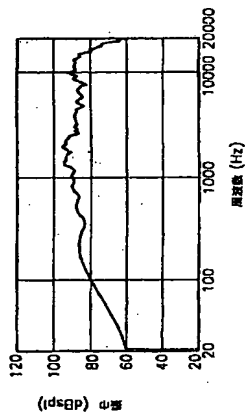
【第1E図】



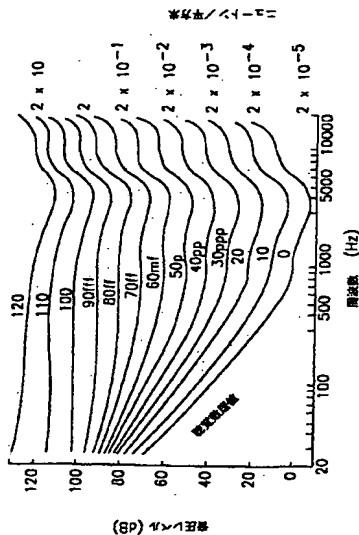
【第1H図】



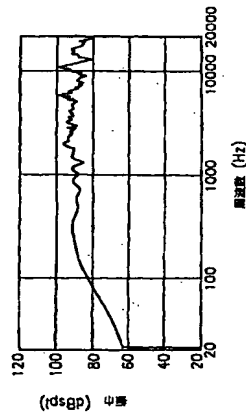
【第1F図】



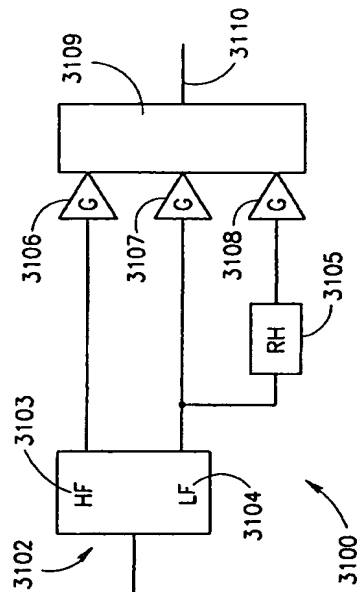
【第2図】



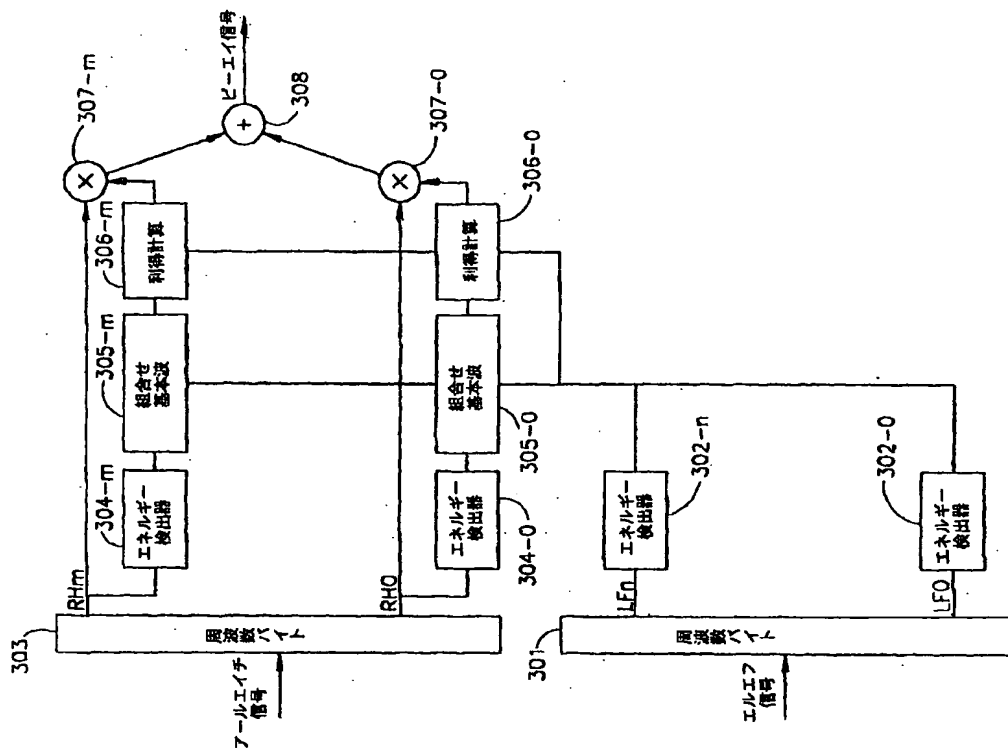
【第1G図】



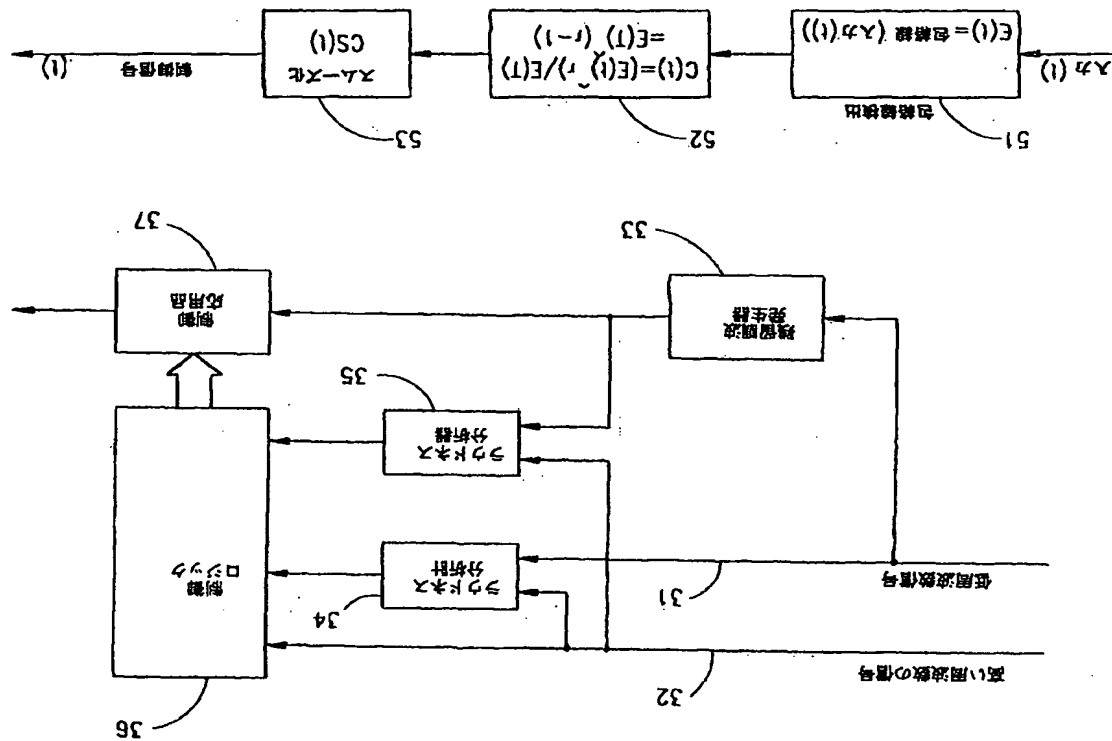
【第3D図】



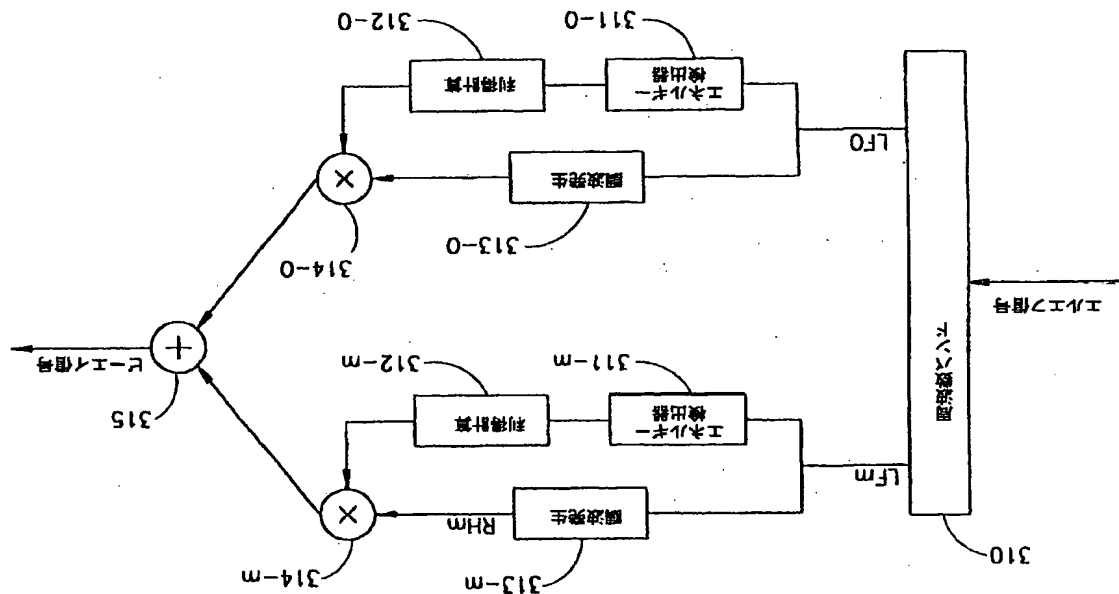
【第3B図】



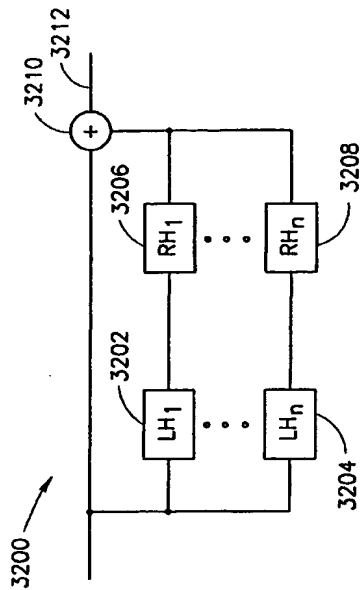
【第3A図】



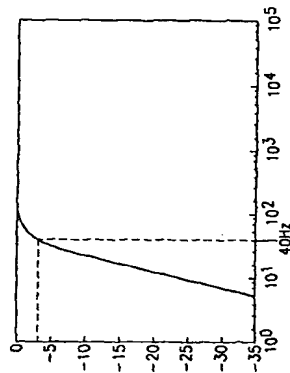
【第3C図】



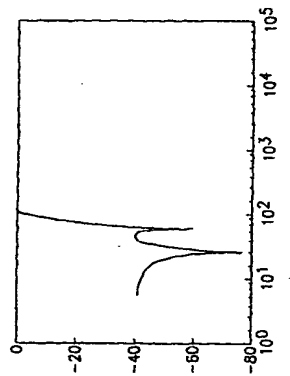
【第3上図】



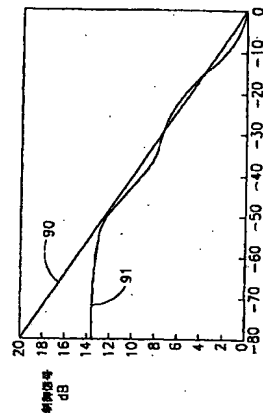
【第7図】



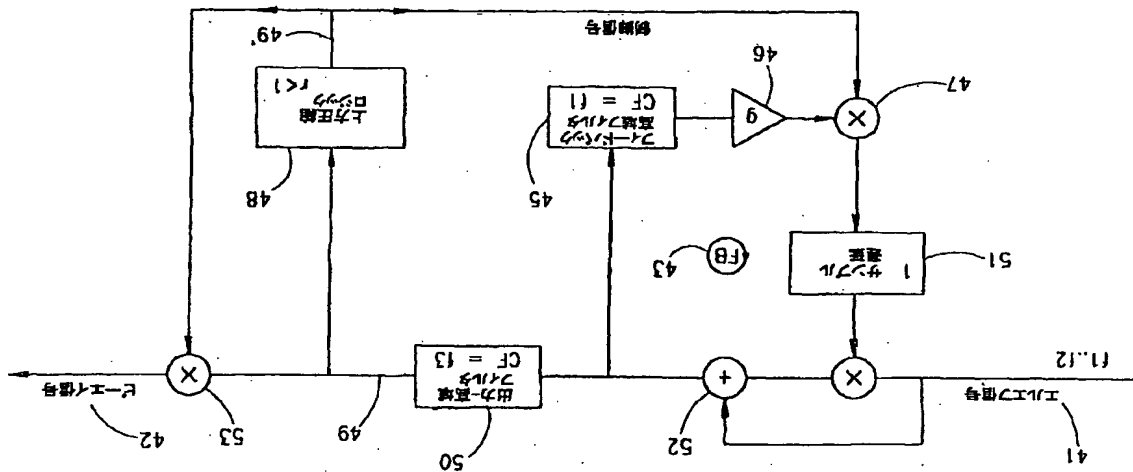
【第8図】



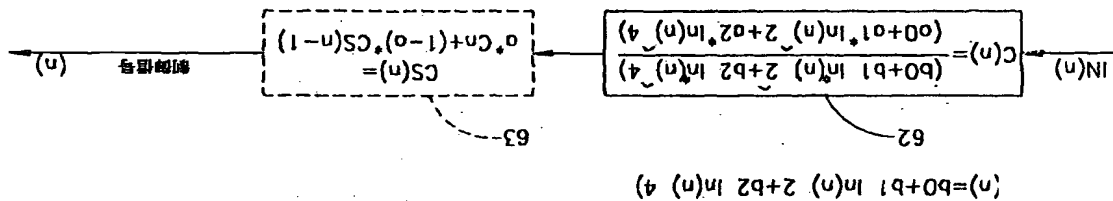
【第9図】



【第4図】



【第6図】



フロントページの続き

- (56) 参考文献
 特開 平5-328481 (J P, A)
 特開 平3-270400 (J P, A)
 特開 平6-178397 (J P, A)
 米国特許5355416 (U S, A)